مطا لعات شبيه سازي به منظور بررسي عملكردالگوريتم تعيين آرايش بهينه مشتركين تكفازجهت بالانس بارفازهاي شبكه وكاهش تلفات

حسين اميـنيـان
شركت تـوزيـع جـنـوبـغـرب تهران

چکیده:

معمولاًدرشبکه های توزیع فشارضعیف از یک فیدرفشارضعیف مشترکین گوناگونی تغذیه می شـوند کـه دارای رفتار بارمختلف ومیزان مصرف انرژی متفاوت می باشند بعبارتی می توان گفت که دامنه جریان مشترکین عملاًباهم متفاوت میباشند حتی باتوجه به مصرف مشترکین دریک دوره مشابه دیده میشود که مصرف برخی مشترکین گاهی چندین برابر سایر مشترکین بوده که به تبع آن ایجاب میکند که دامنه جریان مصرفی آنها هـم بـالاتر باشـد بنـابراین عملاًبـرای متعادل سازی باروتعیین آرایش بهینه مشترکین تکفاز به روش جابجائی فازهای مشترکین لازم اسـت کـه میـزان جریـان مصرفی هرمشترک تعیین وبراساس میزان بارمصرفی هرمشترک نسبت به آرایش جدید شبکه اقـدام نمـود بنـابراین بایـد الگوریتمی انتخاب شودکه با توجه به واقعیت رفتاری هر مشترک بادقت مناسبتری میزان جریان مصرفی رامشخص کـرده وآرایش مشترکین هرپایه رابگونه ای تعیین نمایدکه بامتعادل شدن بارفیدرتابع هدف مساله مینیمم شود.به منظـور بررسـی عملکردالگوریتم پیشنهادی نسبت به انجام مطالعات شبیه سازی برروی یک فیدر فشارضعیف درحالت بدون متعادل سازی بارودرحالت متعادل سازی براساس الگوریتم ارائه شده اقدام گردید نتایج عددی حاصل از شبیه سـازی نشـان میدهـد کـه بامتعادل سازی بار به روش مذکورتلفات انرژی فیدرکاهش چشمگیری یافته است همچنین بامتعادل سازی حـداکثر تـوان عبوری ازفیدر نیزکاهش می یابد که نشانگرآزاد شدن ظرفیت اشغالی فیدرمیباشد علاوه براینها بامتعادل سازی جریان سـه فاز وبهبود پروفیل ولتاژ شاخص های نامتعادلی ولتاژ وجریان نیزکاهش یافته است.

واژههای کلیدی: کاهش تلفات ،عدم تعادل بار،مطالعات شبیه سازی،الگوریتم پیشنهادی،پروفیل ولتاژ،شاخص نامتعادلی ولتاژ وجریان

1-مقدمه

اطلاعات مربوط به مصرف مشترکين دريك دوره زماني مشخص باتوجه به قبوض صادرشده مصرف مشتركين دردسترس ميباشد[1] (با استفاده از اطلاعات پويش برق) ،همچنين ميتوان نسبت به تعيين نوع فاز مصرفي هرمشترك اقدام نمود.جدول (2) بانصب دستگاه ثبات درابتداي فيدر فشارضعيف كه معمولاًدرپست 20kv/400v قرار دارد ازجريان هاي ورودي به فيدر وسايرپارامترهاي موردنيازدريك دوره زماني (دوره مطالعاتي چند روزه) نمونه برداري ميشود [2]درالگوريتم پيشنهادي به منظور تعيين جريان مشتركين درهر لحظه جريان ورودي به هرفاز فيدركه توسط دستگاه ثبات نمونه برداري شده است بين مشتركين

تغذيه شده از آن فاز ومتناسب باميزان مصرف مشتركين تقسيم ميشوديعني:

جريان ورودي به فاز i ام × $\frac{\text{مصرف انرژي الكتريكي مشترك i}}{\text{مجموع انرژي الكتريكي مشتركين}}$ – جريان مشترك i

ازاين رابطه جريان تمامي مشتركين درهرلحظه محاسبه شده وباپخش بارنامتعادل ولتاژ شين ها،جريان شاخه ها، تلفات انرژي الكتريكي و... تعيين ميشوددراين الگوريتم لازم نيست كه اطلاعات ديناميك ويا همزماني از شين ها بدست آيد تنها اطلاعات لازم درمورد شين ها اطلاعات مربوط به مشتركين هركدام از فازهاي هرشين ميباشدكه يكباره جمع آوري ميشود. الگوريتم پيشنهادي دراين روش براي مشخص شدن دقيق اولويت پايه ها جهت تعيين آرايش بهينه مشتركين برمبناي دسته بندي شين ها ميباشد (شين شماره يك يا همان شيني كه به پست متصل است دردسته صفرقرارميگيرد) وبراي متعادل سازي جريان شاخه ها از شاخه انتهايي شروع كرده وبه تدريج به سمت شاخه اول يا شاخه متصل به پست نزديك شد براي متعادل ساز بار ومينيمم كردن تابع هدف مساله بايد آرايش بهينه مشتركين برروي پايه هاي فيدر مشخص شود تعداد حالات ممكن براي قرارگيري مشتركين هرپايه برروي فاز ويابعبارتي تعداد حالات آرايش مشتركين 3^N حالت ميباشد كه N تعداد مشتركين آن پايه ميباشد زيرا براي قرارگيري هرمشترك برروي فازها 3 حالت وجوددارد. دراين الگوريتم به منظور پيدانمودن بهترين آرايش مشتركين با الگوريتم جستجوي كامل فضاي حالت تمامي حالات بررسي ميشود وبهترين حالت يعني حالتي كه درآن تابع هدف مساله مينيمم شود انتخاب ميشود. باتوجه به اينكه باافزايش تعداد مشتركين تعداد حالات ممكن بصورت نمايي3^N افزايش مي يابدبايد باروشي فضاي حالت جوابهاي ممكن را محدودكردبراي اين منظور اگرتعداد مشتركين بيشترباشد به منظوريافتن بهترين آرايش مشتركين ومحدود كردن فضاي حالت مشتركين به دودسته تقسيم ميشوندابتدا آرايش بهينه دسته اول مشخص شده وسپس بادرنظرگرفتن اثراين مشتركين آرايش مشتركين دسته دوم مشخص ميشودكه دراين صورت تعداد حالات ممكن از 3^N حالت به $3^{N1} + 3^{N2}$ حالت (كه N مساوي با N1+N2) تقليل مي يابدكه واضح است $3^N > 3^{N1}+3^{N2}$ ميباشد[3]

براي انجام مطالعات شبيه سازي به منظور بررسي عملكرد الگوريتم ارائه شده براي متعادل سازي، فيدر 1 پست شهسوار حقيقي ازپستهاي منطقه برق رودكي واقع درشركت توزيع جنوبغرب تهران موردبررسي قرارگرفته است كه مراحل شبيه سازي به همراه اجراي شبيه سازي تشريح ميگردد.

2-شبيه سازي فيدر درحالت متعادل سازي بار به كمك جابجائي مشتركين تكفاز براساس الگوريتم ارائه شده

دراين حالت براي اجراي الگوريتم متعادل سازي بارلازم است كه علاوه براطلاعات مربوط به ساختار الكتريكي خطوط شامل ديا گرام تك خطي فيدر مقادير امپدانس هادي هاي فازونول هريك ازشاخه ها، اطلاعات مربوط به مصرف مشتركين دريك دوره مشابه وهمچنين فاز تغذيه كننده هرمشترك جمع آوري شود سپس باتوجه به ميزان مصرف مشتركين هرفازآرايش بهينه مشتركين هرشين به گونه اي مشخص مي شود كه تابع هدف مساله مينيمم شودباتوجه به اينكه تلفات كل ناشي ازنامتعادلي بار بصورت زيرتعريف ميشود.

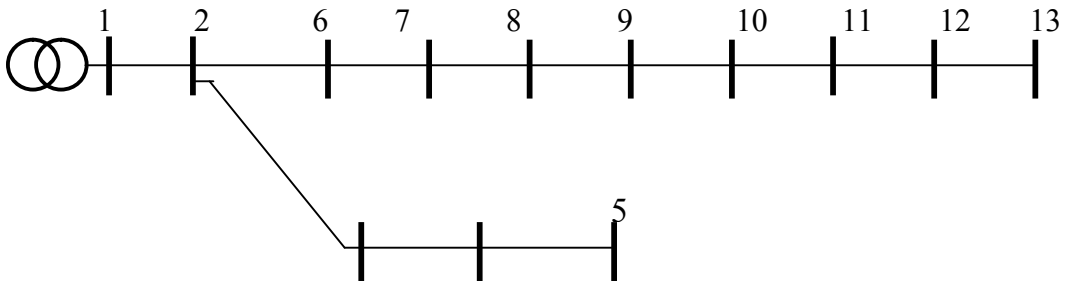
$$PL_{tot} = \sum_{k=1}^{m} \left(\frac{R_N}{2} + \frac{R_{Rh}}{9} \right) \left[\left(J_{R_K} - J_{S_K} \right)^2 + \left(J_{R_K} - J_{T_K} \right)^2 + \left(J_{S_K} - J_{T_K} \right)^2 \right]$$

وازآنجايي كه R_N (مقاومت سيم نول) وR_{ph} (مقاومت سيم فاز) ثابت اند براي كمينه كردن تابع هدف PL_{tot} بايد عبارت داخل پرانتز دوم كمينه شودوسپس بااعمال اين آرايش به مشتركين فيدر وشبيه سازي فيدر درطول دوره شبيه سازي باتوجه به اطلاعات موجودولتاژ شين ها ،جريان شاخه ها، تلفات انرژي الكتريكي هرشاخه، ميزان حداكثر توان عبوري از فيدر،ميزان نامتعادلي بارونامتعادلي ولتاژ،پروفيل ولتاژ فازها مشخص مي شود .

مطالعات شبيه سازي فيدرنمونه:

معرفي فيدر:

فيدرنمونه موردمطالعه يكي ازفيدرهاي توزيع فشارضعيف شركت توزيع جنوبغرب تهران (فيدريك پست شهسوارحقيقي واقع درمنطقه برق رودكي) ميباشدكه داراي بارنامتعادل ميباشد،شكل (1) ديا گرام تك خطي اين فيدر رانشان ميدهد. همانطوركه مشاهده ميشوداين فيدر يك فيدرشعاعي مركب با13 شين ميباشدبانصب دستگاه ثبات برروي فيدرمذكور واستخراج اطلاعات ثبات، اطلاعات موردنظر بدست آمده است،نتايج عددي حاصل ازشبيه سازي فيدر درحالت بدون متعادل سازي درجدول (1) آمده است همچنين اطلاعات مربوط به مشتركين فازهاي مختلف درجدو ل(2) آمده است.



شكل (1): ديا گرام تك خطي فيدرنمونه

جدول (1):نتايج عددي حاصل ازشبيه سازي فيدرنمونه درحالت بدون متعال سازي

	فاز A	فاز B	فاز C	نول	جمع
تلفات انرژي فيدر KWh	14/15	18/85	40/69	10/01	83/71
انرژي خروجي فيدر KWh	439/9	559/1	830/7	-	1826/8
حداكثر توان عبوري از فيدر KVA	40/87	49/57	71/70	-	-
شاخص نامتعادلي ولتاژ U_V	-	-	-	-	0/5269
شاخص نامتعادلي جريان U_I	-	-	-	-	0/0201

جدول (2) اطلاعات مربوط به مشتركين فازهاي مختلف فيدرنمونه

شماره پايه	شماره مشترك	فاز	شماره پايه	شماره مشترك	فاز
2	1	R	6	2	R
2	2	R	6	3	S
2	3	R	6	4	T
2	4	S	6	5	R
2	5	R	7	1	T
2	6	S	7	2	S
3	1	R	7	3	T
3	2	S	7	4	R
3	3	R	7	5	T
3	4	T	7	6	S
3	5	R	7	7	T
3	6	R	7	8	R
3	7	R	7	9	T
3	8	S	8	1	T
3	9	T	8	2	S
4	1	S	8	3	R
4	2	S	8	4	S
4	3	R	8	5	S
4	4	T	8	6	R
4	5	T	8	7	S
4	6	T	8	8	R
4	7	R	8	9	S
4	8	R	8	10	S
4	9	S	8	1	R
4	10	T	8	2	T

S	11	8	R	10	4
R	12	8	S	11	4
S	13	8	S	12	4
T	14	8	T	13	4
S	15	8	S	14	4
S	16	8	R	15	4
R	17	8	R	1	5
T	1	9	T	2	5
R	2	9	R	3	5
R	3	9	R	4	5
R	4	9	R	5	5
R	5	9	T	6	5
R	6	9	R	7	5
S	7	9	R	8	5
S	8	9	T	9	5
R	9	9	T	1	6

ادامه جدول (2) اطلاعات مربوط به مشترکین فازهای مختلف فیدرنمونه

فاز	شماره مشترک	شماره پایه	فاز	شماره مشترک	شماره پایه
R	1	13	R	10	9
R	2	13	R	1	10
S	3	13	T	2	10
T	4	13	R	3	10
R	5	13	S	4	10
R	6	13	R	5	10
R	7	13	R	6	10
R	8	13	T	7	10
R	9	13	S	8	10
			T	9	10
			T	10	10
			R	11	10
			R	12	10
			T	1	11
			T	2	11
			S	3	11
			R	4	11
			R	5	11
			R	6	11
			S	7	11
			R	8	11
			R	9	11
			S	1	12
			R	2	12
			T	3	12
			R	4	12
			T	5	12
			R	6	12
			R	7	12
			R	8	12
			S	9	12
			T	10	12

			S	11	12
			R	12	12
			S	13	12
			T	14	12
			S	15	12
			S	16	12
			S	17	12
			R	18	12

با استفاده ازنرم افزار تهيه شده وبراساس الگوريتم ارائه شده آرايش بهينه مشتركين هريك ازشين هاي فيدر مشخص ميشود نتايج اجراي الگوريتم وفازهاي پيشنهادي به منظور جابجائي مشتركين براساس ميزان مصرف درجدول (3) آمده است.

جدول (3): اطلاعات مربوط به نتايج الگوريتم متعادل سازي

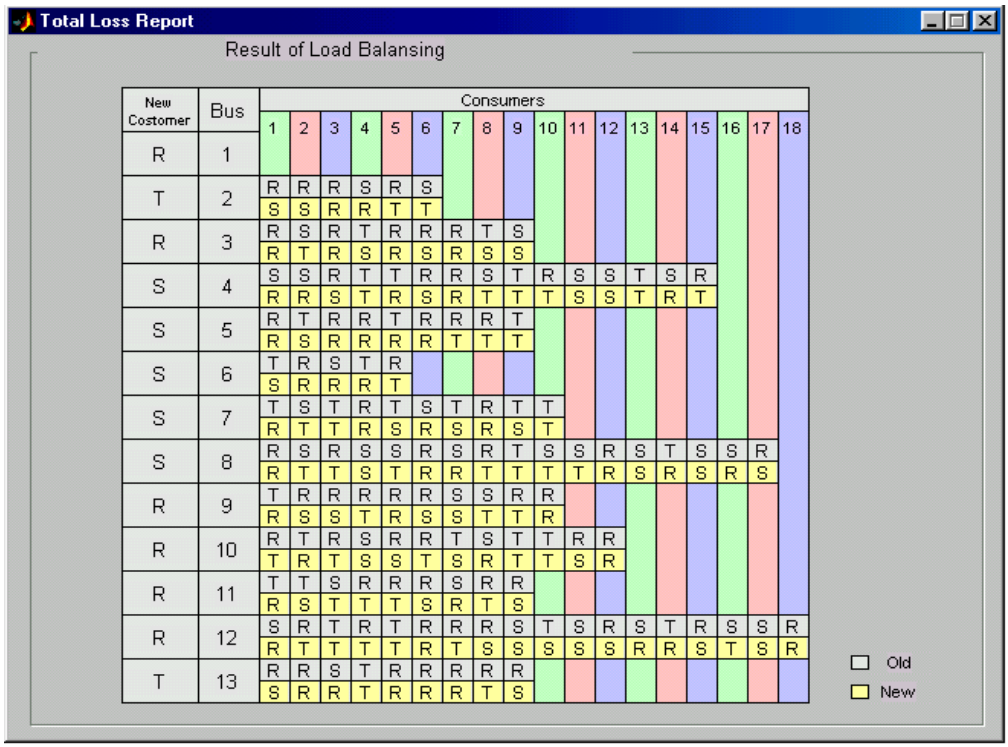
فاز پيشنهادي	فاز قبلي	شماره مشترك	شماره پايه	فاز پيشنهادي	فاز قبلي	شماره مشترك	شماره پايه
R	R	1	5	S	R	1	2
S	T	2	5	S	R	2	2
R	R	3	5	R	R	3	2
R	R	4	5	R	S	4	2
R	R	5	5	T	R	5	2
R	T	6	5	T	S	6	2
R	R	7	5	R	R	1	3
T	R	8	5	T	S	2	3
T	T	9	5	R	R	3	3
S	T	1	6	S	T	4	3
R	R	2	6	R	R	5	3
R	S	3	6	S	R	6	3
R	T	4	6	R	R	7	3
T	R	5	6	S	T	8	3
R	T	1	7	S	S	9	3
T	S	2	7	R	S	1	4
T	T	3	7	R	S	2	4
R	R	4	7	S	R	3	4
S	T	5	7	T	T	4	4
R	S	6	7	R	T	5	4
S	T	7	7	S	R	6	4
R	R	8	7	R	R	7	4
S	T	9	7	T	S	8	4
T	T	10	7	T	T	9	4
R	R	1	8	T	R	10	4
T	S	2	8	S	S	11	4
T	R	3	8	S	S	12	4
S	S	4	8	T	T	13	4

T	S	5	8	R	S	14	4
R	R	6	8	T	R	15	4

ادامه جدول (3) اطلاعت مربوط به نتايج الگوريتم متعال سازي

فاز پيشنهادي	فاز قبلي	شماره مشترك	شماره پايه	فاز پيشنهادي	فاز قبلي	شماره مشترك	شماره پايه
T	R	8	11	R	S	7	8
S	R	9	11	T	R	8	8
R	S	1	12	T	T	9	8
T	R	2	12	T	S	10	8
T	T	3	12	T	S	11	8
T	R	4	12	R	R	12	8
T	T	5	12	S	S	13	8
R	R	6	12	R	T	14	8
T	R	7	12	S	S	15	8
S	R	8	12	R	S	16	8
S	S	9	12	S	R	17	8
S	T	10	12	R	T	1	9
S	S	11	12	S	R	2	9
S	R	12	12	S	R	3	9
R	S	13	12	T	R	4	9
R	T	14	12	R	R	5	9
S	S	15	12	S	R	6	9
S	S	16	12	S	S	7	9
S	S	17	12	T	S	8	9
R	R	18	12	T	R	9	9
S	R	1	13	R	R	10	9
R	R	2	13	T	R	1	10
R	S	3	13	R	T	2	10
T	T	4	13	T	R	3	10
R	R	5	13	S	S	4	10
R	R	6	13	S	R	5	10
R	R	7	13	T	R	6	10
T	R	8	13	S	T	7	10
S	R	9	13	R	S	8	10
				T	T	9	10
				T	T	10	10
				S	R	11	10
				R	R	12	10
				R	T	1	11
				S	T	2	11
				T	S	3	11
				T	R	4	11
				T	R	5	11
				S	R	6	11
				R	S	7	11

همچنين شكل خروجي نرم افزار متعادل سازي باردرزيرآمده است.



شكل (2):خروجي نرم افزار متعادل سازي

با اعمال اين نتايج وجابجائي مشتركين برروي فازهاي فيدربراساس آن وشبيه سازي فيدر بادرنظرگرفتن آرايش جديد مشتركين نتايج عددي حاصل ازشبيه سازي فيدردرحالت متعادل شده درجدول (4) آمده است.

جدول(4): نتايج عددي حاصل ازشبيه سازي فيدردرحالت متعادل شده

	فاز A	فاز B	فاز C	نول	جمع
تلفات انرژي فيدر KWh	22/26	21/45	25/28	0/38	69/36
انرژي ورودي به فيدر KWh	596/53	582/81	633/23	-	1812/6
حداكثر توان عبوري از فيدر KVA	53/03	52/12	55/15	-	-
شاخص نامتعادلي ولتاژ UV	-	-	-	-	0/0041
شاخص نامتعادلي جريان U_I	-	-	-	-	0/0622

از مقايسه جدول (1) وجدول(4)ملاحظه ميشود كه بامتعادل سازي بار به روش فوق تلفات انرژي الكتريكي فيدر درطول يك

دوره 24 ساعته از 83/71کيلو وات ساعت به 69/36 کيلوولت ساعت کاهش مي يابد يعني بامتعادل سازي بار 17/14 درصد ازتلفات انرژي الکتريکي کاسته ميشود.همچنين بامتعادل سازي بارحداکثر توان عبوري فيدراز71/7کيلوولتآمپر به 55/15 کيلوولت آمپر تنزل مينمايد که نشانگر آزاد شدن 23/08 درصد ازظرفيت اشغالي فيدرميباشد علاوه براينها بامتعادل شدن جريان هاي سه فاز وبهبود پروفيل ولتاژ فازهاي مختلف فيدر شاخص نامتعادلي ولتاژهاي سه فاز از 0/0201 به 0/0041 کاهش مي يابد.

همچنين يکي ديگراز قابليت هاي نرم افزار تهيه شده به منظور متعادل سازي باراين است که درهرپايه مناسب ترين فازرابراي تخصيص انشعاب جديد بدون تغيير آرايش مشترکين موجود به منظور متعادل سازي بارفيدر پيشنهاد مينمايد. نتايج اين بخش از برنامه باتوجه به شکل (2) درجدول (5) آمده است .

جدول (5):نتايج پيشنهاد فاز براي تخصيص انشعاب جديد بدون تغييرآرايش مشترکين پايه ها

شماره پايه	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
فاز پيشنهادي	R	T	R	S	S	S	S	S	R	R	R	R	T

نتيجه گيري:

باتوجه به تعداد بسيارزياد فيدرهاي فشارضعيف وهزينه بسياربالاي ضرروزيان تلفات انرژي ناشي ازنامتعادلي باردرشرکتهاي توزيع ميتوان بابکارگيري روش پيشنهادي به ميزان قابل توجهي ازاتلاف اين سرمايه عظيم ملي جلوگيري کرد(درمقايسه بااحداث نيروگاه وتاسيسات برق رساني) همچنين باتوجه به اينکه انگيزه اي قوي براي کاهش اين نوع تلفات درشرکتهاي توزيع وجودنداردبعبارتي چون سوددهي کاهش تلفات به اين شرکتها برنمي گردد توصيه ميشود بااستفاده از اين نرم افزاروالگوريتم پيشنهادي نسبت به کاهش تلفات اقدام وسودحاصل ازاين کاهش تلفات به شرکتهاي توزيع وپرسنل زحمت کش آن پرداخت گرددتاانگيزه اي قوي راجهت کاهش تلفات درپرسنل بوجودآوريم.

منابع ومراجع:

[1] اطلاعات مربوط به مصرف مشترکين (قبوض صادرشده)

[2] اطلاعات مربوط به نصب دستگاه ثبات TDL112 وTDL85

[3] عدم تعادل باردرشبکه هاي توزيع - آقاي حسين اميني - پايان نامه کارشناسي ارشد دانشکده صنعت آب وبرق